

铁基超导体 $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ 的红外光谱研究

林桐 胡蝶 时立宇 张思捷 刘妍琦 吕佳林 董涛 赵俊 王楠林

Infrared spectroscopy study of ironbased superconductor $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$

Lin Tong Hu Die Shi Li-Yu Zhang Si-Jie Liu Yan-Qi Lv Jia-Lin Dong Tao Zhao Jun Wang Nan-Lin

引用信息 Citation: *Acta Physica Sinica*, 67, 207102 (2018) DOI: 10.7498/aps.67.20181401

在线阅读 View online: <http://dx.doi.org/10.7498/aps.67.20181401>

当期内容 View table of contents: <http://wulixb.iphy.ac.cn/CN/Y2018/V67/I20>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

铁基超导 1111 体系 CaFeAsF 的单晶生长和物性研究

Single crystal growth and physical property study of 1111-type Fe-based superconducting system CaFeAsF
物理学报.2018, 67(17): 177401 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.67.20181371>

洪德耦合的调控与轨道选择 Mott 相变

Manipulation of Hund's rule coupling and orbital-selective Mott transition

物理学报.2015, 64(24): 247101 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.247101>

压力下碱金属铁硒基超导体中的现象与物理

Phenomena and findings in pressurized alkaline iron selenide superconductors

物理学报.2015, 64(21): 217406 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.217406>

强关联效应下非磁性元素 Ir 掺杂的 SmFeAsO 电子结构理论研究

Study on the electronic structures of Iridium-doped SmOFeAs under the strongly correlated electrons effects

物理学报.2013, 62(21): 217401 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.62.217401>

专题: 铁基高温超导体发现十周年

铁基超导体 $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ 的红外光谱研究*林桐¹⁾ 胡蝶²⁾ 时立宇¹⁾ 张思捷¹⁾ 刘妍琦¹⁾ 吕佳林¹⁾
董涛¹⁾ 赵俊²⁾ 王楠林^{1)†}

1)(北京大学物理学院, 量子材料科学中心, 北京 100871)

2)(复旦大学物理学系, 应用表面物理国家重点实验室, 上海 200433)

(2018年7月22日收到; 2018年8月1日收到修改稿)

测量和研究了铁基超导体 $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ 单晶的红外光学响应, 发现室温下光电导率谱不存在 Drude 分量, 载流子具有非相干输运行为. 随着温度降低, Drude 分量形成并不断变窄, 同时在相应的反射率谱上出现清晰的等离子体边, 表明散射率急剧降低. 在最低温度, 观察到超导能隙形成导致的光谱变化, 光电导率谱在 160 cm^{-1} 以下受到显著压制. 对比 FeSe 单晶的光谱数据, 发现整体的光电导率谱型很相似, 但自由载流子的谱重更低, 揭示出样品具有更低的载流子浓度. 另外还观察到温度变化诱导的谱重由低频向高频区域转移的现象, 表明其存在强关联效应.

关键词: 铁基超导体, 红外光谱, 电子关联

PACS: 71.27.+a, 74.70.Xa, 74.25.Gz, 78.20.Ci

DOI: 10.7498/aps.67.20181401

1 引言

铁基超导体的发现已有十年时间, 对其物性和超导机理的研究依然在深入和发展之中. 在铁基超导体家族中, 不同结构类型的材料体系的行为既有共性又有显著差别, 展现出丰富的物理现象^[1-3]. PbO 型 FeSe 是具有最简单结构构型的铁基超导体, 由边缘共享的 FeSe_4 -四面体层堆叠而成, 其超导转变温度 T_C 仅有 8 K 左右, 但通过静水加压方式可提升至 37 K^[4]. 常压下的 FeSe 超导体具有和 FeAs 基超导体类似的电子结构, 表现出布里渊区中心存在空穴型费米面, 布里渊区顶角具有电子型费米面. 对 FeSe 单晶样品的红外光谱测量表明, 导电的自由载流子谱重 (spectral weigh, SW) 很低, 当温度低于结构相变温度 $T_N \sim 90\text{ K}$ 时, 低频 400 cm^{-1} 附近的 SW 会被抑制, 显现出能隙打开特征, 并且存在由温度变化诱导的载流子从低能到高能转移现

象^[5]. 而在 SrTiO_3 (STO) 基底上生长的单层二维 FeSe 薄膜中, 由角分辨光电子能谱 (angle-resolved photoemission spectroscopy, ARPES)^[6-8] 和迈斯纳实验^[9] 测量的超导转变温度可达 60—70 K.

$(\text{Li, Fe})\text{OHFeSe}$ 是近年来新发现的一种含有 FeSe 结构单元的新型超导体, 电阻和磁化率测量表明其具有较高的超导转变温度 T_C (40—43 K)^[10]. X 射线衍射和中子粉末衍射测量揭示其晶体结构是由 $(\text{Li, Fe})\text{OH}$ 层与 FeSe 层的交替嵌套所形成^[11]. 尤其是 ARPES 实验对其能带结构的研究表明, 该结构材料只在布里渊区顶角上存在电子型费米面, 在布里渊区中心无空穴型费米面, 表现出重电子掺杂行为; 在进入超导态后, 超导能隙几乎是各向同性, 是一个单带的 s 波超导体^[12-14]. 这些特征与 $\text{K}_x\text{Fe}_2\text{Se}_2$ 和 STO 基底上生长的单层 FeSe 薄膜一致, 但与 FeSe 单晶体材料具有很大差别.

红外光谱是研究材料电荷动力学和电子结构的重要实验手段, 它能够同时探测材料的自由载流

* 国家重点基础研究发展计划 (批准号: 2016YFA0300902, 2016YFA0300203, 2017YFA0302904, 2015CB921302)、国家自然科学基金 (批准号: 11327806, GZ1123) 和上海市教育委员会科研创新计划 (批准号: 2017-01-07-00-07-E00018) 资助的课题.

† 通信作者. E-mail: nlwang@pku.edu.cn

子响应和带间跃迁. 利用红外光谱技术, 人们已经对铁基超导体的多个体系开展了大量研究, 获得了丰富的信息. 但是对于电子重掺杂的 FeSe 系统尚缺乏相关研究, 这是由于 $K_x\text{Fe}_2\text{Se}_2$ 体系无法避免其中含有 $\text{K}_2\text{Fe}_4\text{Se}_5$ 绝缘相的贡献, 生长在 STO 基底上的单层 FeSe 薄膜难以从超高真空腔体转移出样品和开展红外光谱实验, 并且也较难提取出单纯的 FeSe 超导层的性质. 本工作主要运用红外光谱实验手段对铁基超导体 $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ 单晶 *ab* 面内反射率进行系统的测量, 获得了较好的实验数据, 并与单晶 FeSe 超导体进行对比.

2 实验测量

实验使用的 $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ 单晶样品由复旦大学赵俊研究组提供, 采用文献 [11] 报道的离子交换方法制备, 单晶样品合成过程中做了氧化处理, 其基本物理性质与非氧化样品无明显差异 [15]. 利用综合物性测量系统 (physical property measurement system, PPMS) 得到样品温度依赖的电阻率曲线, 可以明显看到超导转变温度在 41 K (图 1). 红外光谱测量是利用 Bruker IFS 80 V/s 和 113 V 傅里叶变换光谱仪完成, 探测的频谱范围为 30—26000 cm^{-1} . 采用样品表面原位镀金膜或铝膜来获得样品的反射率谱 $R(\omega)$, 再通过 Kramers-Kronig 变换得到样品的光电导率实部 $\sigma_1(\omega)$ 和虚部 $\sigma_2(\omega)$ [16].

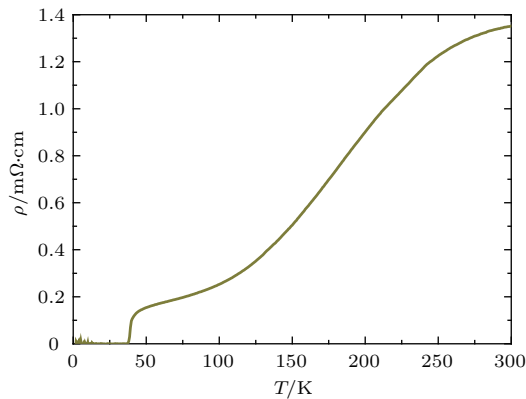


图 1 $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ 单晶的电阻率随温度变化曲线

Fig. 1. Temperature-dependent resistivity of $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ single crystals.

3 结果与讨论

图 2 显示在不同温度测量的样品反射率谱 $R(\omega)$ 和光电导率谱 $\sigma_1(\omega)$, 其中图 2 (a) 和图 2 (b)

显示较宽的频谱范围 (6000 cm^{-1} , $\sim 0.75 \text{ eV}$), 而图 2 (c) 和图 2 (d) 显示低频区域光谱. 从图 2 (b) 和图 2 (d) 光电导率谱上可以看出, 室温下 (300 K) 的光谱曲线与其余温度的曲线表现出较大差异, 随着频率降低, 低频电导率下降, 即不存在 Drude 分量, 反映出非相干的载流子输运行为. 但是随着温度降低, Drude 分量迅速出现, 而且其峰宽逐渐变窄. 特别是在 100 K 以下, 这种变化更加明显, 对应的反射率谱也呈现出清晰的等离子体边, 这表明与 Drude 分量相关的导电载流子所受到的散射率迅速降低, 与后面的定量分析结果 (表 1) 相一致. 与此不同, FeSe 单晶的反射率谱上一直存在较为明显的等离子体边, 并且随温度变化较弱 [5]. 此外相对于 FeSe 单晶, 插入 (Li, Fe)OD 层虽然引起电子的过掺杂效应, 导致超导转变温度升高, 但是自由载流子贡献的 SW 却有所下降, 反映出重电子掺杂的 $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ 单晶比 FeSe 单晶具有更低的载流子浓度.

从图 2 (c) 和图 2 (d) 中, 还发现 10 K 的曲线有明显的变化, 在频率低于 160 cm^{-1} 以下, 10 K 和 43 K 的两个温度的反射率曲线开始分离, 10 K 的反射率曲线迅速地接近 1; 而在光电导率谱近似能量的位置, 两条温度曲线也出现差异, 10 K 的光电导率曲线迅速下降到接近于 0. 这种显著的变化与 $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ 的超导能隙形成有关, 由光电导谱估测的超导能隙 ($2\Delta_g$) 大约在 100 cm^{-1} ($\sim 12.5 \text{ meV}$) 附近, 该数值明显小于 ARPES 测量给出的结果 ($2\Delta_g = 21 \text{ meV}$) [12]. 这种差异值需要进一步研究. 通常从红外光谱测量观察到能隙需要高质量样品, 因为样品容易在空气中氧化, 在光谱实验安装样品和调整光路过程中, 会不可避免地使样品暴露在空气中, 可能会导致样品表面出现退化效应. 此外在 100 cm^{-1} 附近观察到一个很强的声子, 其叠加在能隙打开引起反射率变化的最大位置上导致 100 cm^{-1} 附近光谱变化尤其显著.

在 160 cm^{-1} 以下丢失的自由载流子 SW (见图 2 (d) 插图), 是由于样品进入超导态形成超流凝聚所导致的, 丢失的 SW 转移到了零频 δ 函数. 由此可以估算超流电子相对应的等离子体频率 ω_{ps} [17] 为

$$\omega_{ps}^2 = 8 \int_{0+}^{\omega_c} [\sigma_1(\omega \approx T_c) - \sigma_1(\omega \ll T_c)] d\omega, \quad (1)$$

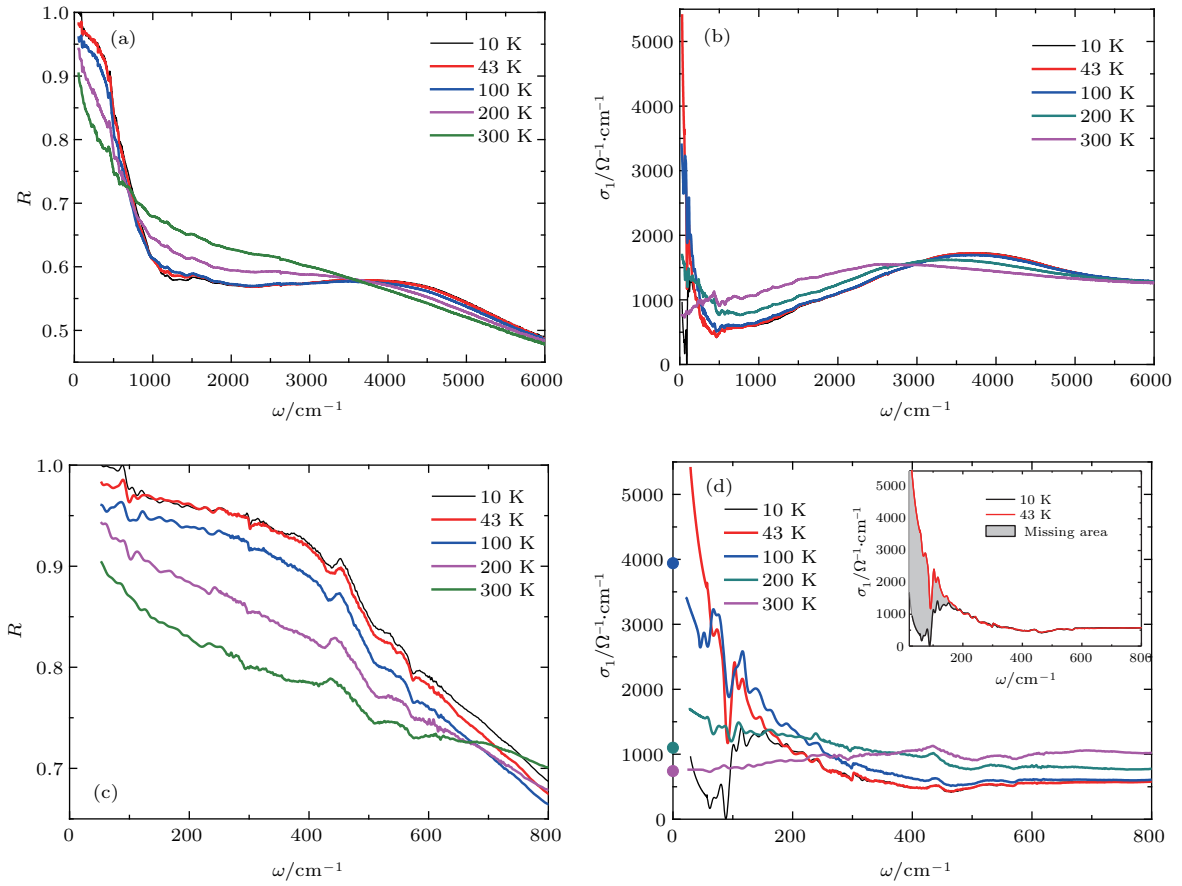


图2 不同温度时样品的反射率谱 $R(\omega)$ 和光电导率谱 $\sigma_1(\omega)$ (a) 频率上限 6000 cm^{-1} 的反射率谱; (b) 频率上限 6000 cm^{-1} 的光电导率谱; (c) 扩大频率在 800 cm^{-1} 以下的反射率谱; (d) 扩大频率在 800 cm^{-1} 以下的光电导率谱图, 其中零频上的点代表静态电阻率, 插图展示的是 10 K 和 43 K 的光电导率谱图, 其中阴影部分代表超导能隙打开而丢失的 SW

Fig. 2. Optical reflectance $R(\omega)$ and conductivity $\sigma_1(\omega)$ spectra at different temperatures: (a) $R(\omega)$ spectra up to 6000 cm^{-1} ; (b) $\sigma_1(\omega)$ spectra up to 6000 cm^{-1} ; (c) an expanded plot of $R(\omega)$ spectra below 800 cm^{-1} ; (d) an expanded plot of $\sigma_1(\omega)$ spectra below 800 cm^{-1} . The points on the zero frequency in (d) represent the static resistivity. The inset shows $\sigma_1(\omega)$ at 10 K and 43 K . The shaded area represents the missing area due to the opening of superconducting energy gap.

进而再由公式 $\lambda = c/\omega_{\text{ps}}$ 可以估算出穿透深度 $\lambda = 4000\text{--}4900\text{ \AA}$. 另外一种估测穿透深度的方法通过光电导率虚部 $\sigma_2(\omega)$ 在低频极限 (零频) 获得 [17], 即

$$\lambda(\omega) = \frac{c}{\omega_{\text{ps}}} = \frac{c}{\sqrt{4\pi\omega\sigma_2(\omega)}}, \quad (2)$$

代入光电导率虚部, 就可以获得低频下伦敦穿透深度 $\lambda(\omega)$, 如图 3 所示. 在接近零频极限时 $\lambda \approx 4000\text{ \AA}$, 由此可以看到两种方法得到的穿透深度基本一致.

另外从图 2(c) 和图 2(d) 中发现, 在低频范围内存在多个声子模式, 如 $100, 240, 300, 430, 520\text{ cm}^{-1}$ 和 580 cm^{-1} 等位置. 随着温度的升高, 其强度有所减弱, 并且其频率也轻微软化 (向高频移动). 与 FeSe 单晶 [5] 和其他的铁基超导体 [18–20] 对比, 超过 300 cm^{-1} 的几个声子主要来自 (Li, Fe)OD 层的振动模式.

为进一步从数据中提取定量信息, 我们采取 Drude-Lorentz 模型进行分析, 将光电导率拆分成不同组分拟合. 按此模型, 介电函数的形式为 [5,19]

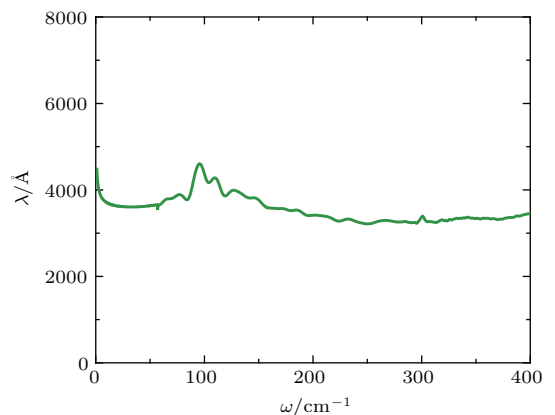


图3 10 K 温度下随频率变化的伦敦穿透深度 $\lambda(\omega)$

Fig. 3. Frequency dependent London penetration depth $\lambda(\omega)$ at 10 K .

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_\infty - \sum_k \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + i\omega/\tau_k} + \sum_j \frac{\omega_j^2}{\omega_j^2 - \omega^2 - i\omega/\tau_j}, \quad (3)$$

其中 ε_∞ 是在高频率下的介电常数, (3) 式右边中间项和第三项分别表示 Drude 和 Lorentz 分量, 而复光电导率可继续由 (4) 式推出,

$$\sigma(\omega) = \sigma_1(\omega) + i\sigma_2(\omega) = -\frac{\omega[\varepsilon(\omega) - \varepsilon_\infty]}{4\pi}. \quad (4)$$

我们使用一个 Drude 分量和多个 Lorentz 分量就可以比较好地拟合光电导率谱图, 这样也会直接得到等离子体频率 ω_p , 而 FeSe 单晶测量数据拟合则必须要计入两个 Drude 分量 [5]. 作为例子, 图 4 显示了按照 Drude-Lorentz 模型对 100 K 温度下对光电导谱拟合的结果, 其中图 4(a) 是低频区域, 图 4(b) 是较宽频率区间. 表 1 显示不同温度拟合得到的

相关参数 (其中 Γ 对应 Drude 分量的峰宽, Γ_1, Γ_2 分别对应 Lorentz1 和 Lorentz2 分量的峰宽). 可以看出, 自由载流子对应等离子体频率显著小于 FeSe 单晶样品的等离子体频率, 反映出过掺杂的 $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ 单晶具有更低的载流子浓度. 另外, 除了常温 300 K 下 Drude 分量的消失, 在 200 K 其中一个 Lorentz 分量也消失了.

而另一种计算自由载流子等离子体频率的方式是使用 SW 求和定则

$$\omega_p^2 = 8 \int_0^{\omega_c} \sigma_1(\omega) d\omega \quad (\omega_c \text{ 为截止频率}),$$

即通过对光电导率实部对自由载流子 SW 积分而获得, 其中积分上限选择 Drude 谱型与 Lorentz 谱型交叠导致的光电导率极小值相应频率位置. 以 100 K 曲线为例, 如取 $\omega_c \sim 500 \text{ cm}^{-1}$, 按求和公式可得等离子体频率大约为 5300 cm^{-1} , 与上述拟合曲线得到的参数值一致 (见表 1).

表 1 在低频下 Drude-Lorentz 拟合的参数列表

Table 1. Parameters of Drude-Lorentz fitting at low frequencies.

T/K	Drude		Lorentz1		Lorentz2		Lorentz3	
	ω_p/cm^{-1}	Γ/cm^{-1}	$\omega_{01}/\text{cm}^{-1}$	Γ_1/cm^{-1}	$\omega_{02}/\text{cm}^{-1}$	Γ_2/cm^{-1}	$\omega_{03}/\text{cm}^{-1}$	Γ_3/cm^{-1}
10	—	—	645	581	1920	2950	3730	3400
43	5400	112	630	577	1850	2950	3730	3430
100	5700	148	618	407	1770	3090	3700	3550
200	6200	402	—	—	1500	2800	3400	4240
300	—	—	—	—	335	2780	3140	5750

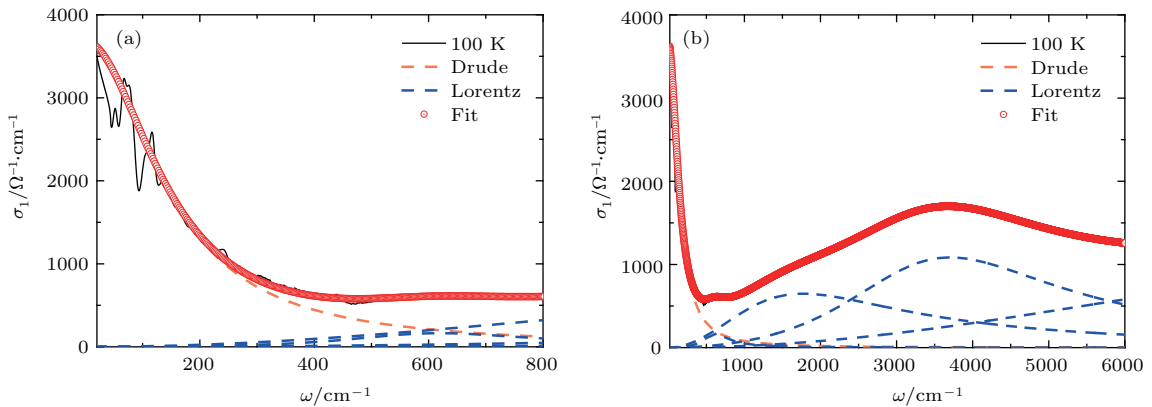


图 4 100 K 光电导率 $\sigma_1(\omega)$ 的实验数据和 Drude-Lorentz 拟合结果 (a) 较低频率; (b) 较宽频率

Fig. 4. The experimental data of $\sigma_1(\omega)$ at 100 K and the Drude-Lorentz fitting results: (a) At a low-frequency range; (b) at a broad frequency range.

图 5(a) 显示的是 $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ 的光电导率积分 SW 随截止频率的变化, 结合图 2(b) 的光电导率谱, 可以观察到随着温度的降低, 3000—4000 cm^{-1} 的宽峰变窄, 并向高能移动, 而

1000—2000 cm^{-1} 附近的光电导率和其积分 SW 都有所下降, 出现由温度引起的 SW 由低能向高能的转移. 这种 SW 转移现象也存在于 FeSe 单晶和其他 FeAs 类的铁基超导体材料中, 这被认为是由具

有不同巡游和局域程度的 Fe 3d 不同轨道电子之间的洪德耦合效应所导致的^[21]. 进一步利用扩展的 Drude 模型公式^[22,23]

$$\tau^{-1}(\omega) = \frac{\omega_p^2}{4\pi} \frac{\sigma_1(\omega)}{\sigma_1^2(\omega) + \sigma_2^2(\omega)}, \quad (5)$$

计算了低频自由载流子的散射率 $\tau^{-1}(\omega)$. 图 5(b) 是不同温度下散射率随频率的变化行为, 可以看出在很低频率时散射率随温度降低而迅速减小, 表明样品的金属性变得越来越好.

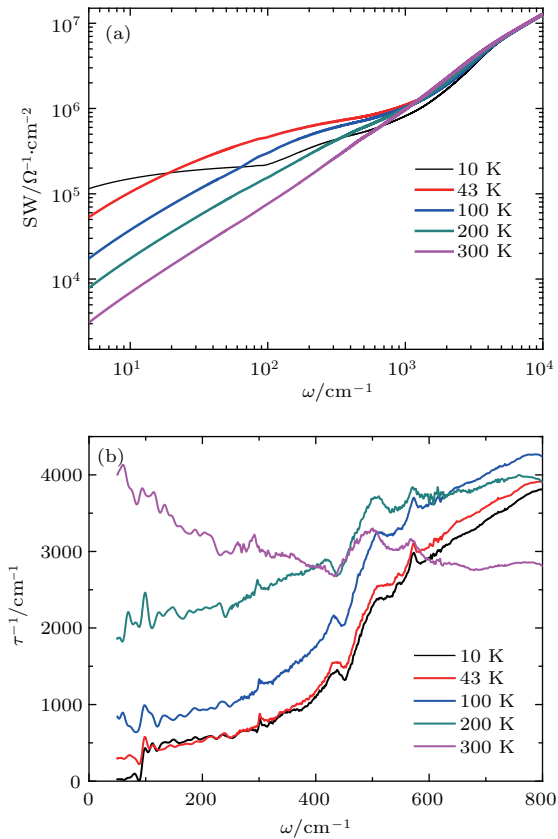


图 5 不同温度时光电导率的积分 SW 和散射率随频率的变化 (a) 截止频率依赖的积分 SW 曲线; (b) 频率依赖的散射率曲线

Fig. 5. Variation of optical conductivity accumulated spectral weight and scattering rate with frequency at different temperature: (a) Cutoff frequency dependent accumulated spectral weight; (b) frequency dependent scattering rate.

4 总 结

测量和研究了铁基超导体 $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ 单晶的红外光谱. 实验表明室温下光电导率谱并不存在 Drude 分量, 载流子具有非相干输运行为. 随着温度降低, Drude 分量逐渐形成并不断变窄, 同时在相应的反射率谱出现清晰的等离子体边, 表明

散射率急剧降低. 样品进入超导态后, 光电导率谱在 160 cm^{-1} 范围以内受到明显抑制, 反映出超导能隙的形成和超导凝聚的发生. 我们还观察到温度变化引起的 SW 转移现象. 对比单晶 FeSe 的光谱数据, 整体光电导率谱型很相似, 但自由载流子所占的 SW 明显较小, 具有更低的载流子浓度. 此外, 我们对测量的光谱数据进行了定量分析, 估算了正常态自由载流子对应的等离子体频率, 超导凝聚导致的穿透深度和相应的能隙大小.

参考文献

- [1] Rotter M, Tegel M, Johrendt D 2008 *Phys. Rev. Lett.* **101** 107006
- [2] Kuroki K, Onari S, Arita R, Usui H, Tanaka Y, Kontani H, Aoki H 2008 *Phys. Rev. Lett.* **101** 087004
- [3] Guo J G, Jin S F, Wang G, Wang S C, Zhu K X, Zhou T T, He M, Chen X L 2010 *Phys. Rev. B* **82** 180520
- [4] Margadonna S, Takabayashi Y, Ohishi Y, Mizuguchi Y, Takano Y, Kagayama T, Nakagawa T, Takata M, Prasadides K 2009 *Phys. Rev. B* **80** 064506
- [5] Wang H P, Ye Z R, Zhang Y, Wang N L 2016 *Sci. Bull.* **61** 1126
- [6] Liu D F, Zhang W H, Mou D X, He J F, Ou Y B, Wang Q Y, Li Z, Wang L L, Zhao L, He S L, Peng Y Y, Liu X, Chen C Y, Yu L, Liu G D, Dong X L, Zhang J, Chen C T, Xu Z Y, Hu J P, Chen X, Ma X C, Xue Q K, Zhou X J 2012 *Nat. Commun.* **3** 931
- [7] He S L, He J F, Zhang W H, Zhao L, Liu D F, Liu X, Mou D X, Ou Y B, Wang Q Y, Li Z, Wang L L, Peng Y Y, Liu Y, Chen C Y, Yu L, Liu G D, Dong X L, Zhang J, Chen C T, Xu Z Y, Chen X, Ma X C, Xue Q K, Zhou X J 2013 *Nat. Mater.* **12** 605
- [8] Tan S Y, Zhang Y, Xia M, Ye Z Y, Chen F, Xie X, Peng R, Xu D F, Fan Q, Xu H C, Jiang J, Zhang T, Lai X C, Xiang T, Hu J P, Xie B P, Feng D L 2013 *Nat. Mater.* **12** 634
- [9] Zhang Z C, Wang Y H, Song Q, Liu C, Peng R, Moler K A, Feng D L, Wang Y Y 2015 *Sci. Bull.* **60** 1301
- [10] Lu X F, Wang N Z, Wu H, Wu Y P, Zhao D, Zeng X Z, Luo X G, Wu T, Bao W, Zhang G H, Huang F Q, Huang Q Z, Chen X H 2015 *Nat. Mater.* **14** 325
- [11] Dong X L, Jin K, Yuan D N, Zhou H X, Yuan J, Huang Y L, Hua W, Sun J L, Zheng P, Hu W, Mao Y Y, Ma M W, Zhang G M, Zhou F, Zhao Z X 2015 *Phys. Rev. B* **92** 064515
- [12] Niu X H, Peng R, Xu H C, Yan Y J, Jiang J, Xu D F, Yu T L, Song Q, Huang Z C, Wang Y X, Xie B P, Lu X F, Wang N Z, Chen X H, Sun Z, Feng D L 2015 *Phys. Rev. B* **92** 060504
- [13] Yan Y J, Zhang W H, Ren M Q, Liu X, Lu X F, Wang N Z, Niu X H, Fan Q, Miao J, Tao R, Xie B P, Chen X H, Zhang T, Feng D L 2016 *Phys. Rev. B* **94** 134502
- [14] Zhao L, Liang A J, Yuan D N, Hu Y, Liu D F, Huang J W, He S L, Shen B, Xu Y, Liu X, Yu L, Liu G D,

- Zhou H X, Huang Y L, Dong X L, Zhou F, Liu K, Lu Z Y, Zhao Z X, Chen C T, Xu Z Y, Zhou X J 2016 *Nat. Commun.* **7** 10608
- [15] Pan B Y, Shen Y, Hu D, Feng Y, Park J T, Christianson A D, Wang Q S, Hao Y Q, Wo H L, Yin Z P, Maier T A, Zhao J 2017 *Nat. Commun.* **8** 123
- [16] Tanner D B 2015 *Phys. Rev. B* **91** 035123
- [17] Li G, Hu W Z, Dong J, Li Z, Zheng P, Chen G F, Luo J L, Wang N L 2008 *Phys. Rev. Lett.* **101** 107004
- [18] Yuan R H, Kong W D, Yan L, Ding H, Wang N L 2013 *Phys. Rev. B* **87** 144517
- [19] Hu W Z, Dong J, Li G, Li Z, Zheng P, Chen G F, Luo J L, Wang N L 2008 *Phys. Rev. Lett.* **101** 257005
- [20] Hu W Z, Li G, Zheng P, Chen G F, Luo J L, Wang N L 2009 *Phys. Rev. B* **80** 100507
- [21] Wang N L, Hu W Z, Chen Z G, Yuan R H, Li G, Chen G F, Xiang T 2012 *J. Phys.: Condens. Matter* **24** 294202
- [22] Benfatto L, Cappelluti E, Ortenzi L, Boeri L 2011 *Phys. Rev. B* **83** 224514
- [23] Qazilbash M M, Hamlin J J, Baumbach R E, Zhang L J, Singh D J, Maple M B, Basov D N 2009 *Nat. Phys.* **5** 647

SPECIAL TOPIC — Tenth anniversary of the discovery of iron-based high temperature superconductors

Infrared spectroscopy study of ironbased superconductor $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}^*$

Lin Tong¹⁾ Hu Die²⁾ Shi Li-Yu¹⁾ Zhang Si-Jie¹⁾ Liu Yan-Qi¹⁾ Lv Jia-Lin¹⁾
Dong Tao¹⁾ Zhao Jun²⁾ Wang Nan-Lin^{1)†}

1) (*International Center for Quantum Materials, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China*)

2) (*State Key Laboratory of Surface Physics, Department of Physics, Fudan University, Shanghai 200433, China*)

(Received 22 July 2018; revised manuscript received 1 August 2018)

Abstract

We perform an in-plane optical spectroscopy measurement on iron-based superconductor $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$ single crystal. At room temperature, the low frequency optical conductivity shows an incoherent characteristic; the Drude component is absent. With temperature decreasing, the Drude component develops and narrows rapidly. A well-defined plasma edge is observed in reflectance spectrum at temperature below 100 K, indicating a dramatically reduced scattering rate. The spectral weight contributed from free carriers is even smaller than that of FeSe single crystal. A number of phonon modes are visible in the measured spectra. We also observe clear spectral change below 160 cm^{-1} at 10 K, associated with the formation of superconducting energy gap in the superconducting state. The energy scale of the superconducting gap is comparable to the value measured by angle-resolved photoemission spectroscopy technique. Like FeSe and other iron pnictides, a clear temperature-induced spectral weight transfer at high energy is observed for $\text{Li}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{ODFeSe}$, indicating the presence of strong correlation effect.

Keywords: iron-based superconductor, infrared spectroscopy, electron correlation

PACS: 71.27.+a, 74.70.Xa, 74.25.Gz, 78.20.Ci

DOI: 10.7498/aps.67.20181401

* Project supported by the National Basic Research Program of China (Grant Nos. 2016YFA0300902, 2016YFA0300203, 2017YFA0302904, 2015CB921302), the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 11327806, GZ1123), and the Innovation Program of Shanghai Municipal Education Commission, China (Grant No. 2017-01-07-00-07-E00018).

† Corresponding author. E-mail: nlwang@pku.edu.cn